

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-198317

(43)Date of publication of application : 11.07.2003

(51)Int.Cl.

H03H 9/145

(21)Application number : 2001-390707

(71)Applicant : FUJITSU MEDIA DEVICE KK  
FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 21.12.2001

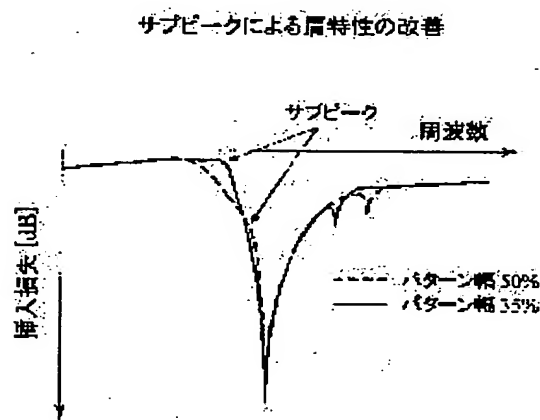
(72)Inventor : INOUE SHIYOUGO  
TSUTSUMI JUN  
MATSUDA TAKASHI  
IGATA OSAMU

## (54) ACOUSTIC SURFACE WAVE RESONATOR AND FILTER THEREFOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an acoustic surface wave resonator which is of high-angle shoulder ratio and is wide in pass band width, and to provide an acoustic surface wave filter.

SOLUTION: In the acoustic surface wave resonator which is constituted of at least one interdigital transducer made on a piezoelectric substrate, it is so arranged as to fulfill the relation of  $0.15 \times L \leq W \leq 0.45 \times L$  when defined that the total value of all electrode widths of the electrode digits constituting the above digital interdigital transducer is W, and that the length of the above interdigital transducer to the direction of propagation of the acoustic surface wave is L.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-198317  
(P2003-198317A)

(43) 公開日 平成15年7月11日 (2003.7.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 3 H 9/145

識別記号

F I

H 0 3 H 9/145

テーマコード(参考)

Z 5 J 0 9 7

D

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-390707(P2001-390707)

(22) 出願日 平成13年12月21日 (2001. 12. 21)

(71) 出願人 398067270

富士通メディアデバイス株式会社

神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番12号

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(74) 代理人 100087480

弁理士 片山 修平

最終頁に続く

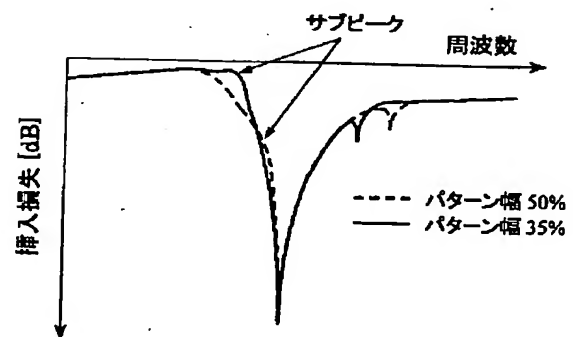
(54) 【発明の名称】 弾性表面波共振子及び弾性表面波フィルタ

(57) 【要約】

【課題】 高角型比でかつ通過帯域幅の広い弾性表面波共振子及び弾性表面波フィルタを実現する。

【解決手段】 圧電基板上に形成された、少なくとも一つのインターディジタルトランスデューサから構成される弾性表面波共振子において、前記インターディジタルトランスデューサを構成する電極指すべての電極幅の合計値をW、弾性表面波の伝搬方向に対する前記インターディジタルトランスデューサの長さをLとした時に、 $0.15 \times L \leq W \leq 0.45 \times L$  の関係を満たすようにする。

サブピークによる肩特性の改善



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板上に形成された、少なくとも一つのインターディジタルトランスデューサから構成される弾性表面波共振子において、前記インターディジタルトランスデューサを構成する電極指すべての電極幅の合計値をW、弾性表面波の伝搬方向に対する前記インターディジタルトランスデューサの長さをLとした時に、 $0.15 \times L \leq W \leq 0.45 \times L$ の関係を満たすことを特徴とする弾性表面波共振子。

【請求項2】 前記インターディジタルトランスデューサは、シングル電極構成であることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波共振子。

【請求項3】 前記インターディジタルトランスデューサはシングル電極構成であり、前記インターディジタルトランスデューサを構成する電極指のパターン幅waが、 $25\% \leq wa \leq 45\%$

の範囲内にあることを特徴とする請求項1又は2記載の弾性表面波共振子。

【請求項4】 前記インターディジタルトランスデューサはシングル電極構成であり、前記インターディジタルトランスデューサを構成する電極指のパターン幅waが、

$$15\% \leq wa \leq 25\%$$

の範囲内にあることを特徴とする請求項1又は2記載の弾性表面波共振子。

【請求項5】 前記インターディジタルトランスデューサを構成する電極指は、等しいパターン幅を有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項6】 前記インターディジタルトランスデューサを構成する電極指は、異なるパターン幅を有することを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項7】 前記弾性表面波共振子は、前記インターディジタルトランスデューサの外側に反射器を有していることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項8】 前記インターディジタルトランスデューサのバスバー部の金属膜厚は、電極指部の金属膜厚よりも厚いことを特徴とする請求項1ないし7のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項9】 前記インターディジタルトランスデューサのバスバー部に誘電体膜を形成していることを特徴とする請求項1ないし8のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項10】 前記インターディジタルトランスデューサのバスバー部と電極指部に誘電体膜が形成されており、かつ、バスバー部に形成された誘電体の膜厚が、電極指部に形成された誘電体の膜厚よりも厚いことを特徴

とする請求項1ないし8のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項11】 前記インターディジタルトランスデューサは、各電極指の先端に対峙するように設けられたダミー電極指を有することを特徴とする請求項1ないし10のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項12】 前記各電極指の先端に対峙するように設けられたダミー電極指のパターン幅wdが、励振電極のパターン幅をwaとしたときに、 $wa \leq wd \leq 70\%$

の範囲内にあることを特徴とする請求項1ないし11のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項13】 前記各電極指の先端に対峙するように設けられたダミー電極指の電極の伸長方向に対する長さdが、前記インターディジタルトランスデューサの1周期の長さをpiとしたときに、

$$1 \times pi \leq d \leq 4 \times pi$$

の範囲内にあることを特徴とする請求項1ないし12のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項14】 前記圧電基板は、 $42^\circ$  YカットLiTaO<sub>3</sub>で形成されていることを特徴とする請求項1ないし13のいずれか一項記載の弾性表面波共振子。

【請求項15】 請求項1ないし14のいずれか一項記載の弾性表面波共振子が、電気的に直列に接続されていることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項16】 ラダー型弾性表面波デバイスにおいて、少なくとも一つの直列共振器は請求項1ないし14のいずれか一項記載の弾性表面波共振子であることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項17】 ダブルモード型弾性表面波フィルタと、請求項1ないし14のいずれか一項記載の弾性表面波共振子とを直列に接続したことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は弾性表面波共振子、複数の弾性表面波共振子を直列腕と並列腕とに配置したラダー型弾性表面波フィルタ、及びダブルモード型弾性表面波フィルタなどと弾性表面波共振子を組み合わせた複合型弾性表面波フィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】 バンドパスフィルタとして、複数の弾性表面波 (Surface Acoustic Wave: 以下、略してSAWと呼ぶこともある) 共振子を用いた梯子 (ラダー) 型SAWフィルタが知られている (たとえば、電子情報通信学会論文誌A Vol. J 76-A No. 2 pp. 245-252 1993年、参照)。

【0003】 図1に、従来のラダー型のSAWフィルタの構成を示す。ラダー型のSAWフィルタは圧電基板10上の入力端子Tiと出力端子Toとの間に、直列腕弾

性表面波共振子 $S1, S2$ を配置し、また、入力端子 $T_i$ 及び出力端子 $T_o$ と接地端子 $G$ との間にそれぞれ、並列腕弾性表面波共振子 $P1, P2$ を配置して構成される。図示する弾性表面波共振子 $S1, S2, P1, P2$ は、一般に一端子対弾性表面波共振子と呼ばれる。

【0004】図2に、この一端子対弾性表面波共振子の構成図を示す。一端子対弾性表面波共振子は、電氣的に弾性表面波を励振するためのインターディジタルトランスデューサ（Interdigital Transducer：以下、IDTと呼ぶ）11と、励振された弾性表面波をIDT内に閉じ込めるために、弾性表面波の伝搬路上に配置された反射器12、13とを、圧電基板10上に形成して構成される。なお、IDT11自体の弾性表面波の内部反射を利用して共振特性を得る場合、反射器が設けられない場合もある。

【0005】IDT11は一对のすだれ状電極を有し、すだれ状電極の多数の電極指をくし型形状に一定周期 $p_i$ で配置したものである（すだれ状電極はくし型電極とも呼ばれる）。反射器12、13は、多数のグレーティング電極を一定周期 $p_r$ で配置したものであり、グレーティング反射器とも呼ばれる。

【0006】このIDT11では、上下方向それぞれから伸長した、隣接する2本の電極指を1つの単位として弾性表面波が励振される。このIDT11のように、IDT11の1周期 $p_i$ 内に2本の電極指が存在する電極構成のことを、シングル電極又はシングル電極構成と呼ぶ。

【0007】シングル電極の電極指1本の幅が $w$ のとき、この電極指のパターン幅は $2w/p_i \times 100$

(%)であるという。図2のように、電極指幅 $w$ と電極間のスペース幅 $s$ が等しい( $w=s$ )とき、パターン幅は50%であると言う。平均パターン幅とは、IDTを構成するすべての電極指のパターン幅の平均値を意味する。

【0008】一端子対弾性表面波共振子のIDT11を構成する電極指は、電極指抵抗の低減、及び作製時のパターン幅変動に対する周波数シフト量の低減を目的に、約50%のパターン幅で作製されるのが一般的である。

【0009】図3(a)に、この従来の弾性表面波共振子の通過特性図を示す。一般に弾性表面波共振子は、共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ を持つ二重共振特性を示し、直列に接続した場合、実線のグラフのように、ローパスフィルタとなる。直列接続では、挿入損失が極小となる周波数が共振周波数 $f_{rs}$ であり、挿入損失が極大となる周波数が反共振周波数 $f_{as}$ である。一方、並列に接続した場合は、破線のグラフのように、ハイパスフィルタとなる。並列接続では、挿入損失が極大となる周波数が共振周波数 $f_{rp}$ であり、挿入損失が極小となる周波数が反共振周波数 $f_{ap}$ である。

【0010】ラダー型のSAWフィルタは、図1のよう

に弾性表面波共振子を並列と直列にいくつか接続した構成であるので、並列腕弾性表面波共振子 $P1, P2$ の反共振周波数 $f_{ap}$ と直列腕弾性表面波共振子 $S1, S2$ の共振周波数 $f_{rs}$ が、ほぼ一致するように共振子のIDTを設計すれば、図3(b)のようなバンドパスフィルタとなる。

【0011】図4に、ラダー型のSAWフィルタのような、バンドパスフィルタに求められる帯域特性を説明するための図を示す。ここで、特性値としては、所望の通過帯域幅( $BW1, BW2$ )、仕様で定められた周波数での抑圧度( $ATT1, ATT2$ )、抑圧度の幅 $BW_{att1}, BW_{att2}$ などがある。また、ある一定の減衰量における帯域幅 $BW2$ と $BW1$ の比( $BW1/BW2$ )をとって、角型比と呼ぶ。角型比は1に近いほどよく、高角型比であるという。

【0012】ラダー型のSAWフィルタにおいて、角型比を向上させるためには、減衰域と通過域の遷移傾度を急峻にすることが考えられる。遷移傾度の急峻性は、弾性表面波共振子の共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ の周波数差 $\Delta f$ でほぼ決定する。遷移傾度を急峻にするためには、 $\Delta f$ を小さくすればよく、弾性表面波共振子の $\Delta f$ を小さくするための具体的手段は数多く提案されている（例えば、特開平11-163664号公報参照）。図5に示すように、直列腕弾性表面波共振子の共振点と反共振点の周波数差 $\Delta f_s$ を小さくすれば、フィルタの立下り傾度が急峻になり、角型比が向上することがわかる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、 $\Delta f$ を小さくすることでフィルタの遷移傾度を急峻にする方法は、 $\Delta f$ が小さくなる分、フィルタの通過帯域幅が減少してしまう。つまり、この方法では、角型比の向上と帯域幅の拡大はトレードオフの関係にあり、両者を共に改善することは困難であった。

【0014】従って、本発明は以上のような事情を考慮してなされたものであり、高角型比でかつ通過帯域幅の広い弾性表面波共振子及び弾性表面波フィルタを実現することを課題とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、請求項1に記載のように圧電基板上に形成された、少なくとも一つのインターディジタルトランスデューサから構成される弾性表面波共振子において、前記インターディジタルトランスデューサを構成する電極指すべての電極幅の合計値を $W$ 、弾性表面波の伝搬方向に対する前記インターディジタルトランスデューサの長さを $L$ とした時に、 $0.15 \times L \leq W \leq 0.45 \times L$ の関係を満たす弾性表面波共振子である。この関係を満たすことで、高角型比で帯域幅の広い弾性表面波共振子及び弾性表面波フィルタを実現することができる。

【0016】例えば、請求項2に記載のように、請求項1記載の前記インターデジタルトランスデューサはシングル電極構成である。

【0017】例えば、請求項3に記載のように、請求項1又は2記載の前記インターデジタルトランスデューサはシングル電極構成であり、前記インターデジタルトランスデューサを構成する電極指のパターン幅 $w_a$ が、

$$25\% \leq w_a \leq 45\%$$

の範囲内にある。これにより、共振点と反共振点の間にあるサブピークが共振点に接近し、高角型比で帯域幅の広い弾性表面波共振子及び弾性表面波フィルタを実現することができる。

【0018】例えば、請求項4に記載のように、請求項1又は2記載の前記インターデジタルトランスデューサはシングル電極構成であり、前記インターデジタルトランスデューサを構成する電極指のパターン幅 $w_a$ が、 $15\% \leq w_a \leq 25\%$ の範囲内にある。これにより、共振点と反共振点の周波数差が小さくなるので、角型特性を改善することができる。

【0019】例えば、請求項5に記載のように、請求項1ないし4のいずれか一項記載の前記インターデジタルトランスデューサを構成する電極指は、等しいパターン幅を有する。また、請求項6に記載のように、前記インターデジタルトランスデューサを構成する電極指は、異なるパターン幅を有するものであってもよい。請求項1記載の関係を満たす範囲内においては、パターン幅は均一でなくても、高角型比で帯域幅の広い弾性表面波共振子及び弾性表面波フィルタを実現することができる。

【0020】例えば、請求項7に記載のように、請求項1ないし6のいずれか一項記載の前記弾性表面波共振子は、前記インターデジタルトランスデューサの外側に反射器を有している。反射器は、弾性表面波を共振器内に閉じ込める作用を持つ。

【0021】例えば、請求項8に記載のように、請求項1ないし7のいずれか一項記載の前記弾性表面波共振子は、前記インターデジタルトランスデューサのバスバー部の金属膜は電極指部の金属膜よりも厚い。これにより、弾性表面波を共振器内に効果的に閉じ込めることができ、肩特性が一層向上する。

【0022】例えば、請求項9に記載のように、請求項1ないし8のいずれか一項記載の前記弾性表面波共振子は、前記インターデジタルトランスデューサのバスバー部にのみ誘電体膜を形成している。これにより、弾性表面波を共振器内に効果的に閉じ込めることができ、肩特性が一層向上する。

【0023】例えば、請求項10に記載のように、請求項1ないし8のいずれか一項記載の前記弾性表面波共振子は、前記インターデジタルトランスデューサのバス

バー部と電極指部に誘電体膜が形成されており、かつ、バスバー部に形成された誘電体の膜厚が、電極指部に形成された誘電体の膜厚よりも厚い。これにより、弾性表面波を共振器内に効果的に閉じ込めることができ、肩特性が一層向上する。

【0024】例えば、請求項11に記載のように、請求項1ないし10のいずれか一項記載の前記インターデジタルトランスデューサは、各電極指の先端に対峙するように設けられたダミー電極指を有する。これにより、弾性表面波を共振器内に効果的に閉じ込めることができ、肩特性が一層向上する。

【0025】例えば、請求項12に記載のように、請求項1ないし11のいずれか一項記載の前記弾性表面波共振子は、前記各電極指の先端に対峙するように設けられたダミー電極指のパターン幅 $w_d$ が、励振電極のパターン幅を $w_a$ としたときに、 $w_a \leq w_d \leq 70\%$

の範囲内にある。これにより、弾性表面波を共振器内に効果的に閉じ込めることができ、肩特性が一層向上する。

【0026】例えば、請求項13に記載のように、請求項1ないし12のいずれか一項記載の前記弾性表面波共振子は、前記各電極指の先端に対峙するように設けられたダミー電極指の電極の伸長方向に対する長さ $d$ が、前記インターデジタルトランスデューサの1周期の長さを $p_i$ としたときに、

$$1 \times p_i \leq d \leq 4 \times p_i$$

の範囲内にある。これにより、弾性表面波を共振器内に効果的に閉じ込めることができ、肩特性が一層向上する。

【0027】一例として、請求項14に記載のように、請求項1ないし13のいずれか一項記載の前記圧電基板は、 $42^\circ Y$ カットLiTaO<sub>3</sub>で形成されている。

【0028】また、本発明は、請求項15に記載のように、請求項1ないし14のいずれか一項記載の弾性表面波共振子が、電気的に直列に接続されていることを特徴とする弾性表面波フィルタである。

【0029】更に、請求項16に記載のように、本発明はラダー型弾性表面波デバイスにおいて、少なくとも一つの直列共振器は請求項1ないし14のいずれか一項記載の弾性表面波共振子であることを特徴とする弾性表面波フィルタである。

【0030】更に、請求項17に記載のように、本発明は、ダブルモード型弾性表面波フィルタと、請求項1ないし14のいずれか一項記載の弾性表面波共振子とを直列に接続したことを特徴とする弾性表面波フィルタである。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面に示す実施の形態に基づいてこの発明を詳述する。なお、これによってこの発

明が限定されるものではない。

【0032】本発明は、以下に説明する新たな着眼点に基づき通過帯域端部の挿入損失を低減することで、フィルタの通過帯域幅を減少させることなく角型比を向上させるものである。換言すれば、本発明は、弾性表面波共振子の共振点と反共振点の間を低損失化するものである。

【0033】図6に、IDTのパターン幅を50%で作製した従来の一端子対弾性表面波共振子を直列接続したときの通過特性を示す。実線が実験結果であり、破線がシミュレーション結果である。シミュレーションには、一般的なモード結合理論を用いた。

【0034】実線と破線の比較から、共振点と反共振点の間で実験結果とシミュレーション結果があまり一致しない部分が存在することがわかった。すなわち、共振点と反共振点の間に、共振ピークとは異なる第2のピーク（以降サブピークと呼ぶ）が存在し、この部分の通過特性は低損失になっていることが明らかになった。

【0035】モード結合理論を用いたシミュレーションでは、このサブピークを再現することができない。これは、モード結合理論が、弾性表面波の伝搬方向に対する一次元的な解析手法であり、サブピークは2次元的、あるいは3次元的な弾性表面波の振る舞いを考慮しないと説明できないことを示唆している。

【0036】本発明者は、このサブピークに着目し、サブピークを利用して、フィルタの角型比を向上できないかと考えた。すなわち、サブピークによる、通過帯域端部の低損失化を試みた。従来の共振子構造では、サブピークは共振点から遠い位置にあったため、フィルタの選移領域に埋もれてしまっていた。従って、角型比改善のためには、従来よりもサブピークを共振点に近づける必要があった。

【0037】実験的に、IDTの周期を一定にして、IDTのパターン幅のみを変化させて、共振・反共振点およびサブピークの周波数関係を調査した。結果を図7に示す。横軸はIDTのパターン幅、縦軸は共振・反共振点およびサブピークの周波数である。このグラフから、IDTのパターン幅を変化させると、共振周波数と反共振周波数は変化するが、サブピークの周波数は変化しないことが明らかになった。

【0038】すなわち、パターン幅を50%よりも細くして共振周波数を高くすれば、共振点とサブピークは相対的に接近することを、本発明者は実験的に見出した。この実験結果から、サブピークの位置を、フィルタの右肩部分に合わせるには、IDTパターン幅を35%程度にするのが最適であることがわかった。

【0039】ここで、図2を参照して前述したように、パターン幅とは $2w/p_i \times 100$  (%)、つまり1周期 $p_i$ に対する2本の電極指の合計幅である。従って、パターン幅を50%よりも細くするとは、各周期のパ

ターン幅を50%よりも細くすることを意味する。この場合、本発明者は、各周期のパターン幅は等しい場合であっても、異なる場合であっても、共振点とサブピークは相対的に接近することを見出した。また、IDT全体の平均パターン幅が50%を下回る値であれば、同様に共振点とサブピークは相対的に接近することを本発明者は見出した。つまり、IDTを構成する電極指すべての電極幅の合計値を $W$ 、弾性表面波の伝搬方向に対する前記インターディジタルトランスデューサの長さを $L$ とした時に、 $W/L$ が50%よりも小さければ共振点とサブピークは相対的に接近するのである。この見地から、本発明にかかるパターン幅とは、特に断りがない限り、平均パターン幅を意味する。以下、パターン幅が50%よりも小さい条件について詳述する。

【0040】図8に、パターン幅50%とパターン幅35%の弾性表面波共振子の通過特性の比較図を示す。グラフは両者の共振点が一致するように描いてある。パターン幅35%の共振子は、サブピークが共振点に近づいた分、肩特性が改善し、立下りが急峻になっていることがわかる。

【0041】図9に、ラダー型SAWフィルタの直列腕共振子に、パターン幅35%の弾性表面波共振子を適用した場合の帯域特性を示す。パターン幅50%の従来の弾性表面波共振子により構成したラダー型フィルタでは、サブピークが共振点から遠すぎたために、サブピークが選移領域に埋もれてしまっていた。これに対して、パターン幅35%の共振子を適用したラダー型フィルタでは、サブピークが共振点に近づき、フィルタの右肩部分が低損失となり、帯域幅が広がった。また、従来に比べて立下りの傾斜も急峻になるため、角型比は飛躍的に向上した。

【0042】サブピークによる肩特性の改善効果が現れるのは、パターン幅が25%から45%のときである。すなわち、IDTを構成する電極指すべての電極幅の合計値を $W$ 、弾性表面波の伝搬方向に対する前記インターディジタルトランスデューサの長さを $L$ とした時に、 $0.25 \times L \leq W \leq 0.45 \times L$

の関係を満たす。換言すれば、シングル電極構成のIDTを構成する電極指のパターン幅 $w_a$ が、 $25\% \leq w_a \leq 45\%$

の範囲内にあると、サブピークによる肩特性の改善効果が現れる。パターン幅を25%以下とした場合は、図7からわかるように、サブピークの周波数が共振周波数よりも低くなってしまいうので、サブピークによる角型比改善効果はない。また、パターン幅を45%以下とした理由は次の通りである。

【0043】図10は、パターン幅を変えた時の弾性表面波共振子の通過特性を示す図である。なお、同図は反共振周波数が一致するように描いてある。図10の下側のグラフは上側のグラフの丸で囲った部分の拡大図であ

る。図示するように、パターン幅が細くなるほどサブピークが共振点に近づき、肩特性が改善しているのがわかる。

【0044】図11は、図10の通過特性におけるパターン幅に対する $-2\text{ dB}$ 周波数の関係を示す図である。実用上、帯域幅を決めるときの挿入損失の値は $-2\text{ dB}$ 程度である。図10において、 $-2\text{ dB}$ になる周波数をパターン幅に対してプロットしたのが図11である。縦軸の $-2\text{ dB}$ 周波数が高いほど、より広い帯域幅を確保でき、高い角型比を持つSAWフィルタが実現できる。図11から、パターン幅が45%以下になると急激に $-2\text{ dB}$ 周波数が高くなることがわかる。すなわち、パターン幅を45%以下にすることで、帯域幅が広く、高角形比なフィルタが実現できる。

【0045】図7に戻り、パターン幅25%以下では、共振点と反共振点の周波数差 $\Delta f$ が小さくなるので、フィルタの遷移傾度を急峻にすることができる。従って、パターン幅25%以下でも角型改善の効果があると言える。パターン幅を15%よりも細くすると、電極指抵抗が増大し、フィルタの挿入損失が増加してしまう。

【0046】この様子を図12に示す。図12は、パターン幅を15%と10%にしたときの弾性表面波共振子の通過特性を示す図である。パターン幅を細めていくと、電極指抵抗が増大し、共振点の挿入損失が大きくなる。パターン幅10%では、挿入損失が1.3 dBと非常に大きい。また、IDTが形成するストップバンド幅が極めて細くなるため、反共振点のQ値も極端に悪くなる。従って、角形比改善に効果のあるパターン幅の下限値は15%であるといえる。

【0047】結論として、角型比の改善効果のあるIDTのパターン幅は、

$$0.15 \times L \leq W \leq 0.45 \times L$$

の関係を満足する必要がある。そして、シングル電極構成のIDTを構成する電極指のパターン幅 $w_a$ が、 $25\% \leq w_a \leq 45\%$ の範囲内にあるときはサブピークによる角形比改善の効果が得られ、 $15\% \leq w_a \leq 25\%$ の範囲内にあるときは共振点と反共振点の周波数差 $\Delta f$ が小さくなることにより、角形比改善の効果が得られる。この場合、IDTの電極指は等しいパターン幅を有するものであってもよいし、異なるパターン幅を有するものであってもよい。

【0048】次に、本発明の弾性表面波共振子の構成例について説明する。

【0049】図13に本発明の弾性表面波共振子の一構成例を示す。IDT21を構成する電極指はシングル電極である。前述したように、全ての電極指が同じパターン幅であっても、異なるパターン幅であっても良く、IDT21の平均パターン幅が15%~45%の範囲内であればよい。図13は、全ての電極指が同じパターン幅を持つ構成例である。IDT21と適当な間隔を置いて、

IDT21の外側かつ両側にそれぞれグレーティング反射器22、23を配置してもよい。

【0050】図14は、パターン幅が異なる電極指から構成される弾性表面波共振子を示す図である。図示する弾性表面波共振子は、IDT31とその両側に設けられた反射器32、33を有する。IDT31は複数の異なるパターン幅を持っている。パターン幅は電極指すべてが同一である必要はなく、平均パターン幅として15%~45%にあればよい。つまり、IDT内の最小パターン幅/最大パターン幅ではなく、平均パターン幅の値で弾性表面波共振子の特性は決定する。

【0051】図15に示すように、IDT21の一部であるバスバー26の金属膜厚を、電極指25の金属膜厚よりも厚くなるようにしてもよい。バスバー26の金属膜厚を厚くすることで、バスバー26下を伝搬する弾性表面波の速度が低下し、逆速度面が凹な圧電基板の場合、共振子内で弾性表面波の導波モードが形成される。この結果、横方向（弾性表面波の伝搬方向に対して垂直方向）の弾性表面波の閉じ込めが強化され、共振・反共振点の間がさらに低損失になる。

【0052】また、図16に示すように、IDT21のバスバー26に誘電体膜27を形成してもよい。図15と同様の原理で、弾性表面波の導波モードが形成され、共振・反共振点の間がさらに低損失になる。

【0053】さらに、図17に示すように、IDT21のバスバー26と電極指25に誘電体膜28を形成し、かつ、バスバー26上に形成する誘電体28の膜厚を、電極指25上に形成した誘電体28の膜厚よりも厚くしてもよい。図15と図16で説明した同じ理由で、共振・反共振点の間がさらに低損失になる。

【0054】なお、図15~図17では示さなかったが、反射器22、23のバスバーに関しても、バスバー部の弾性表面波の速度が遅くなるように、図15~図17でIDT21部に施した同様の対策を講じれば、反射器22、23上でも弾性表面波の導波モードが形成されることになる。従って、共振・反共振点の間がますます低損失になる。

【0055】また、図18に示すように、各電極指25の先端に対峙するように、弾性表面波の励振に寄与しない、長さ $d$ のダミー電極指24を配置してもよい。ダミー電極指24を配置することでも、弾性表面波の導波モードが形成され、励振された弾性表面波がより強く共振子内部に閉じ込められ、肩特性がさらに改善する。ダミー電極指を図14のIDT31に設けてもよいことは勿論である。

【0056】このダミー電極指24のパターン幅 $w_d$ は、励振電極25のパターン幅を $w_a$ としたときに、 $w_a \leq w_d \leq 70\%$ の範囲内にあることが好ましい。 $w_d < w_a$ にすると、IDT21内で弾性表面波の導波モードが形成されにくく



くなり、IDT 21 外部に弾性表面波が漏れ、挿入損失が増加してしまう。また、 $70\% < wd$  にすると、ダミー電極指 24 と励振電極指 25 の間のスペースが狭くなり、フォトリソグラフィーを使った一般的な作製プロセスでは、容易に形成するのが困難になるためである。

【0057】また、ダミー電極指 24 の長さ  $d$  は、IDT 21 の周期を  $p_i$  としたときに、

$$1 \times p_i \leq d \leq 4 \times p_i$$

の範囲内にすることが好ましい。 $d < 1 \times p_i$  にすると、弾性表面波の閉じ込め効果が弱まり、ダミー電極指 24 を付加した効果が現れなくなってしまう。また、 $4 \times p_i < d$  にすると、励振電極指 25 体の抵抗値が増え、挿入損失が増加してしまうからである。

【0058】図 19 に示すように、励振電極 25 とパスバー 26 との接続部分 25a において、励振電極 25 のパターン幅をダミー電極指 24 のパターン幅  $w_d$  と等しくなるようにしてもよい。ダミー電極指 24 のパターン幅と励振電極 25 の根元部分 25a のパターン幅を等しくすることで、効果的に弾性表面波の導波モードが形成でき、かつ、励振電極指の抵抗値を低減できるので、肩特性をさらに改善することができる。

【0059】なお、図 18 と図 19 では示さなかったが、反射器 22、23 においても、反射器電極指の両端部分のみのパターン幅を太くすれば、反射器 22、23 上でも弾性表面波の導波モードが形成されることになる。従って、肩特性をますます改善することができる。

【0060】更に、図 13～図 19 に示す弾性表面波共振子は圧電基板、特に  $42^\circ$  Y カット X 伝搬  $LiTaO_3$  基板上に形成することが好ましい。

【0061】本発明の共振子は、特に直列に接続したときに、著しい角型比改善効果を持つ。ラダー型 SAW フィルタのような、弾性表面波共振子から構成されるフィルタに、本発明の共振子を適用すれば、高角型比で通過帯域幅の広いフィルタが容易に実現できる。

【0062】本発明の弾性表面波共振子は、ラダー型 SAW フィルタに限らず、例えば、ダブルモード型の SAW フィルタや、多電極型の SAW フィルタと、一端子対弾性表面波共振子を組み合わせた、いわゆる複合型 SAW フィルタに適用しても、同等の角型比改善効果が得られるのは明らかである。また、本発明の弾性表面波共振子は、アンテナデュプレクサなどの分波器の共振子に適用することもできる。

【0063】図 20 は、本発明の弾性表面波共振子とダブルモード型 SAW フィルタとを組み合わせた実施の形態を示す図である。図示する実施の形態は複合型弾性表面波フィルタであって、図 13 に示す構成の弾性表面波共振子 30 とダブルモード型 SAW フィルタ (Double Mode SAW; 以下、DMS と称す) 35 とを直列に縦続接続した SAW フィルタの構造を示す図である。DMS は、基本モードと 3 次モードの 2 つのモー

ドを有し、低周波側での抑圧度が高いという特徴を持つ。弾性表面波共振子 30 は前述した IDT 31 と反射器 32、33 とを有する。DMS 35 は、3 つの IDT 36、37、38 と 2 つの反射器 39、40 を有する。IDT 37 と 38 のそれぞれの一方のすだれ状電極は、信号線 50 を介して IDT 31 の一方のすだれ状電極に接続されている。IDT の他方の電極は外部接続端子 (例えば、入力端子として用いられる) 48 に接続されている。IDT 37 と 38 のそれぞれの他方のすだれ状電極は接地されている。IDT 36 の一方の電極は外部接続端子 (例えば、出力端子として用いられる) 49 に接続され、他方の電極は接地されている。

【0064】図 21 に図 20 に示す SAW フィルタのフィルタ特性を示す。図 21 の下側の図は、上側の図の丸で囲った部分の拡大図である。図 21 は、弾性表面波共振子 30 の IDT 31 のパターン幅が 50% のフィルタと、30% のフィルタとの 2 つのフィルタ特性を示す。図示するように、IDT 31 のパターン幅が 30% のフィルタ特性は、サブピークが共振点に近づき、通過帯域の高周波側が低損失となり、通過特性及び角形比とも改善されている。

【0065】弾性表面波共振子 30 と DMS 35 との接続関係は図 20 に示すものに限定されない。例えば、DMS 35 の逆側の端子、つまり図 20 では外部接続端子 49 に接続されている IDT 36 のすだれ状電極に IDT 31 を接続してもよい。この場合、図 20 で信号線 50 に接続されている IDT 37 と 38 のすだれ状電極が外部接続端子 49 に接続される。また、DMS 35 の両側の端子それぞれに本発明の弾性表面波共振子を接続しても良い。さらに、上記したような構成に加えて、並列腕弾性表面波共振子を任意の接続点に挿入した構成となるようにしてもよい。弾性表面波共振子 30 は図 14～図 19 の構成であってもよい。

【0066】次に、本発明の実施例を説明する。

(第 1 実施例) 直列腕弾性表面波共振子のみについて、前記図 13 に示した弾性表面波共振子を適用した、80 MHz 帯のラダー型 SAW フィルタについて説明する。

【0067】第 1 実施例は、図 22 に示すように、 $42^\circ$  Y カット X 伝搬  $LiTaO_3$  基板 10 上に、直列に 3 つの弾性表面波共振子 41、42、43 を形成し、並列に 3 つの弾性表面波共振子 44、45、46 を形成したラダー型 SAW フィルタである。

【0068】直列に接続した弾性表面波共振子 41、42 (便宜上 S' の参照符号を付してある) は図 13 に示すような構成で、IDT の周期  $p_i = 4.670 \mu m$ 、IDT の開口長  $= 62 \mu m$ 、IDT の対数 94 対、IDT のパターン幅 30%、反射器の周期  $p_r = 2.825 \mu m$ 、反射器の電極の数  $= 40$  本、反射器のパターン幅 60% である。

【0069】直列に接続した弾性表面波共振子43（便宜上Sの参照符号を付してある）も同様に図13のような構成で、IDTの周期 $p_i = 4.670\mu\text{m}$ 、IDTの開口長 $= 78\mu\text{m}$ 、IDTの対数151対、IDTのパターン幅30%、反射器の周期 $p_r = 2.825\mu\text{m}$ 、反射器の電極の数=20本、反射器のパターン幅60%である。

【0070】並列に接続した弾性表面波共振子45、56（便宜上P'の参照符号を付してある）は図2のような構成で、IDTの周期 $p_i = 4.790\mu\text{m}$ 、IDTの開口長 $= 100\mu\text{m}$ 、IDTの対数121対、IDTのパターン幅60%、反射器の周期 $p_r = 2.395\mu\text{m}$ 、反射器の電極の数=40本、反射器のパターン幅60%である。

【0071】並列に接続した弾性表面波共振子44（便宜上Pの参照符号を付してある）は図2のような構成で、IDTの周期 $p_i = 4.790\mu\text{m}$ 、IDTの開口長 $= 80\mu\text{m}$ 、IDTの対数75対、IDTのパターン幅60%、反射器の周期 $p_r = 2.395\mu\text{m}$ 、反射器の電極の数=60本、反射器のパターン幅60%である。

【0072】直列に接続された（直列腕にある）弾性表面波共振子41～43と並列に接続された（並列腕にある）弾性表面波共振子44～46は互い違いに配置されている。つまり、弾性表面波共振子41～43の弾性表面波の伝搬方向の延長線上に弾性表面波共振子44～46が位置しないように、同様に弾性表面波共振子44～46の弾性表面波の伝搬方向の延長線上に弾性表面波共振子41～43が位置しないように配置されている。

【0073】図23に、この発明の第1実施例のSAWフィルタと、図2のような従来の共振子のみで構成したSAWフィルタの周波数特性の比較図を示す。太い実線が第1実施例のSAWフィルタであり（図23上では本発明として示してある）、細い実線が従来のSAWフィルタの特性図である。この図によれば、この発明のSAWフィルタは、直列腕共振子のIDTのパターン幅を30%にしたことで、直列腕共振子においてサブピークが共振点に接近し、フィルタの右肩部分が低損失になったことがわかる。この結果、通過帯域幅が広がり、角形比が飛躍的に改善している。

（第2実施例）直列腕弾性表面波共振子のみについて、前述した図18に示した弾性表面波共振子を適用した、1.9GHz帯のラダー型SAWフィルタについて、図24を参照して説明する。

【0074】第2実施例は、図24に示すように、42° Yカット-X伝搬LiTaO<sub>3</sub>基板10上に、直列に4つの弾性表面波共振子51、52、53、54を形成し、並列に2つの弾性表面波共振子55、56を形成したラダー型SAWフィルタである。

【0075】直列に接続した弾性表面波共振子51～5

4（便宜上Sの参照符号を付してある）は図18のような構成で、IDTの周期 $p_i = 2.115\mu\text{m}$ 、IDTの開口長 $= 44\mu\text{m}$ 、IDTの対数161対、IDTのパターン幅35%、反射器の周期 $p_r = 1.0575\mu\text{m}$ 、反射器の電極の数=160本、反射器のパターン幅50%、ダミー電極24（図18）の長さ $= 2.115\mu\text{m}$ 、ダミー電極24のパターン幅35%である。

【0076】並列に接続した弾性表面波共振子55、56（便宜上P'の参照符号を付してある）は図2のような構成で、IDTの周期 $p_i = 2.160\mu\text{m}$ 、IDTの開口長 $= 60\mu\text{m}$ 、IDTの対数75対、IDTのパターン幅50%、反射器の周期 $p_r = 1.080\mu\text{m}$ 、反射器の電極の数=160本、反射器のパターン幅50%である。

【0077】図25に、この発明の第2実施例のSAWフィルタと、図2のような従来の共振子のみで構成したSAWフィルタの周波数特性の比較図を示す。太い実線がこの発明のSAWフィルタであり、破線が従来のSAWフィルタの特性図である。また、ダミー電極指の付加効果を示すために、本実施例のSAWフィルタにおいて、直列腕共振子51～54のダミー電極を付加しなかったときの特性を細い実線で示す。

【0078】この図によれば、この発明のSAWフィルタは、直列腕共振子51～54のパターン幅を35%にしたことで、直列腕共振子51～54においてサブピークが共振点に接近し、フィルタの右肩部分が低損失になったことがわかる。また、電極指の先端に図18に示すダミー電極24を付加したことで、共振器内のSAWの閉じ込め効果が向上し、ダミー電極を付加しないときよりも、さらに右肩部分が低損失になったことがわかる。この結果、通過帯域幅が広がり、角形比が飛躍的に改善した。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、共振点と反共振点の間にあるサブピークが共振点に接近し、高角型比で帯域幅の広い弾性表面波共振子及び弾性表面波フィルタを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のラダー型のSAWフィルタの構成を示す図である。

【図2】従来の一端子対弾性表面波共振子の構成を示す図である。

【図3】従来の一端子対弾性表面波共振子の通過特性(a)及びラダー型SAWフィルタの通過特性を示す図である。

【図4】バンドパスフィルタに求められる帯域特性を説明するための図である。

【図5】 $\Delta f$ を小さくすることによる角型比の改善を説明するための図である。

【図6】直列接続した従来の一端子対共振子の通過特性

を示す図である。

【図 7】パターン幅に対する共振・反共振及びサブピーク周波数の違いを説明するための図である。

【図 8】サブピークによる肩特性の改善を説明するための図である。

【図 9】ラダー型 SAW フィルタの直列腕共振子に、パターン幅 35% の弾性表面波共振子を適用した場合の帯域特性を示す図である。

【図 10】パターン幅を変化させたときの特性変化を示す図である。

【図 11】図 10 におけるパターン幅に対する -2 dB 周波数の関係を示す図である。

【図 12】パターン幅を 10% にしたときの弾性表面波共振子の通過特性を示す図である。

【図 13】本発明の一端子対弾性表面波共振子の一構成例を示す図である。

【図 14】パターン幅が同じでない電極指から構成される弾性表面波共振子の一構成例を示す図である。

【図 15】バスバーの金属膜厚を厚くした弾性表面波共振子の一構成例を示す図であって、(a) は平面図、(b) は (a) の XVb-XVb 断面図ある。

【図 16】バスバー上に誘電体膜を形成した弾性表面波共振子の一構成例を示す図であって、(a) は平面図、(b) は (a) の XVIb-XVIb 断面図ある。

【図 17】バスバー上に誘電体膜を形成した弾性表面波共振子の別の構成例を示す図であって、(a) は平面図、(b) は (a) の XVIIb-XVIIb 断面図ある。

【図 18】本発明の一端子対弾性表面波共振子の別の構成例を示す図である。

【図 19】本発明の一端子対弾性表面波共振子の更に別の構成例を示す図である。

【図 20】DMS に本発明の弾性表面波共振子を直列に縦続接続したフィルタ構造の一例を示す図である。

【図 21】図 20 に示すフィルタ構造のフィルタ特性を示す図である。

【図 22】本発明の第 1 実施例のラダー型弾性表面波フィルタの構成を示す図である。

【図 23】本発明の第 1 実施例のラダー型弾性表面波フィルタの通過特性を示す図である。

【図 24】本発明の第 2 実施例のラダー型弾性表面波フィルタの構成を示す図である。

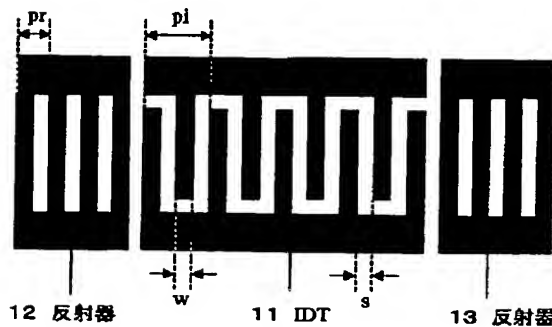
【図 25】本発明の第 2 実施例のラダー型弾性表面波フィルタの通過特性を示す図である。

【符号の説明】

- 10 圧電基板
- 11 IDT
- 12、13 反射器
- 21 IDT
- 22、23 反射器
- 24 ダミー電極指
- 25 電極指
- 26 バスバー
- 27 誘電体膜
- 28 誘電体膜
- 30 弾性表面波 (SAW) 共振子
- 31 IDT
- 32、33 反射器
- 35 ダブルモード型フィルタ (DMS)
- 36、37、38 IDT
- 39、40 反射器
- 41~46 弾性表面波共振器
- 48、49 外部接続端子
- 51~56 弾性表面波共振子

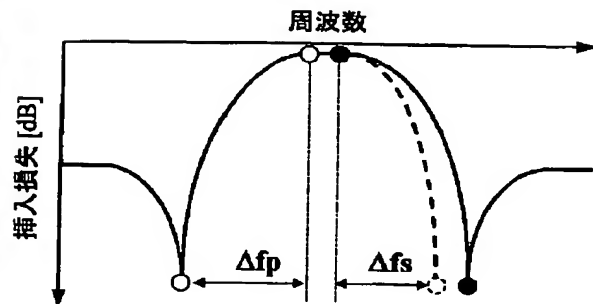
【図 2】

従来の一端子対 SAW 共振子の構成



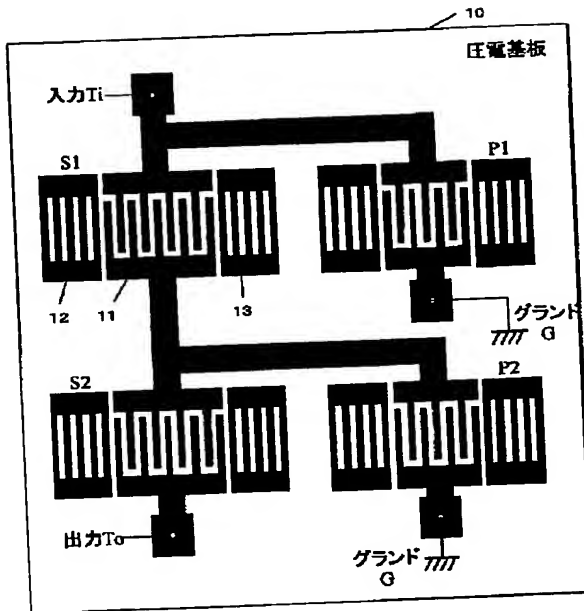
【図 5】

$\Delta f$  を小さくすることによる角型比の改善



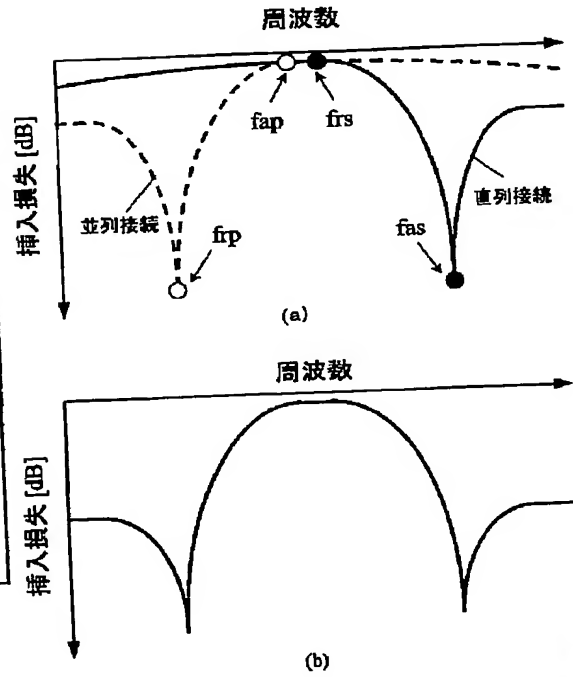
【図1】

従来のラダー型SAWフィルタの構成



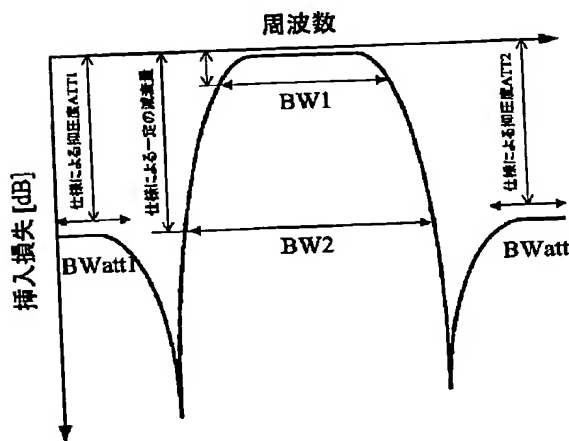
【図3】

一端子対SAW共振子の通過特性及びラダー型SAWフィルタの通過特性



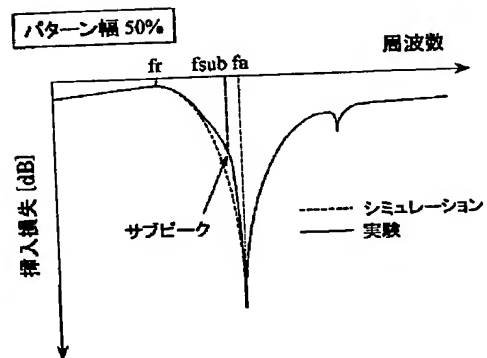
【図4】

バンドパスフィルタに求められる特性



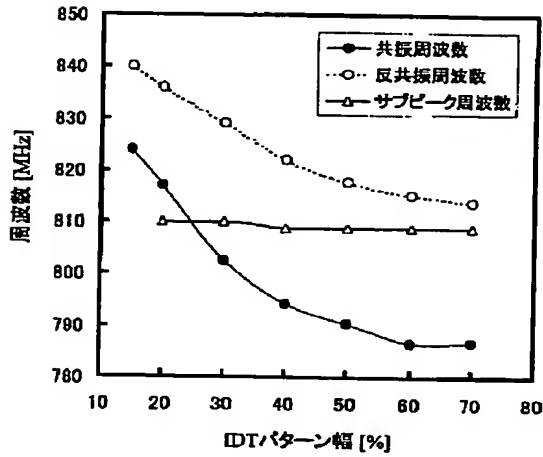
【図6】

直列接続した従来の一端子対共振子の通過特性



【図7】

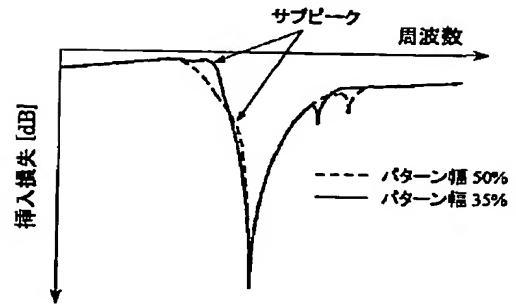
パターン幅に対する共振・反共振及びサブピーク周波数の違い



【図9】

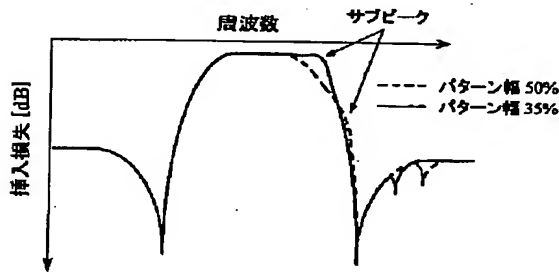
【図8】

サブピークによる周特性の改善



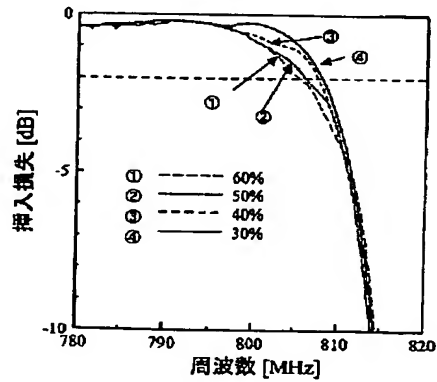
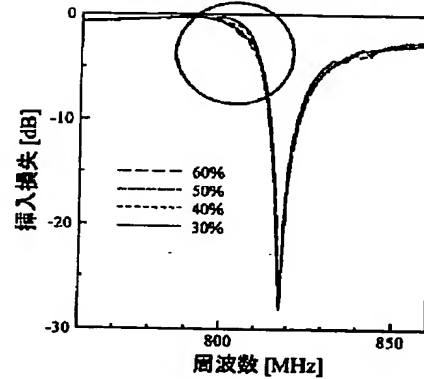
【図10】

ラダー型SAWフィルタへの適用

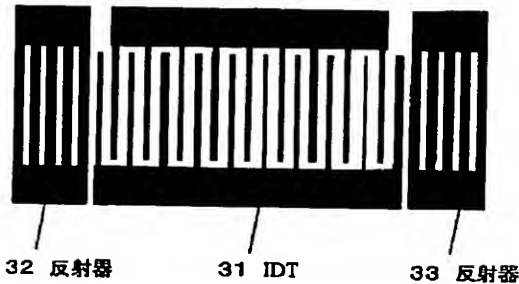


【図14】

パターン幅を変えたときの特性変化



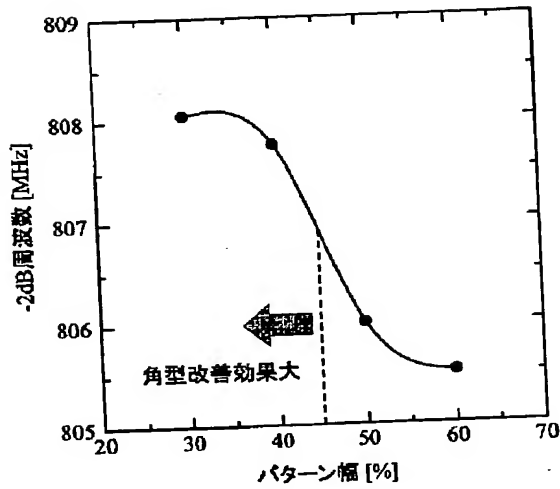
パターン幅が同じでない電極指から構成されるSAW共振子



BEST AVAILABLE COPY

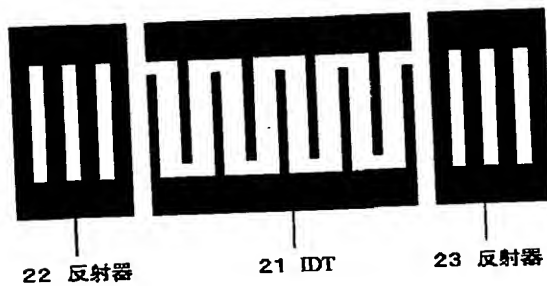
【図11】

図10におけるパターン幅に対する-2dB周波数の関係



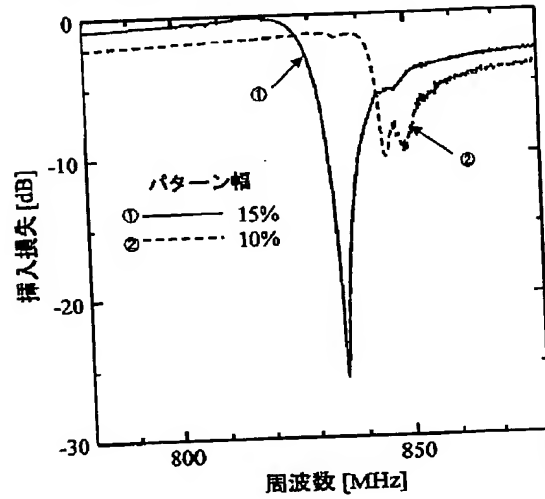
【図13】

本発明の一端子対SAW共振子の構成



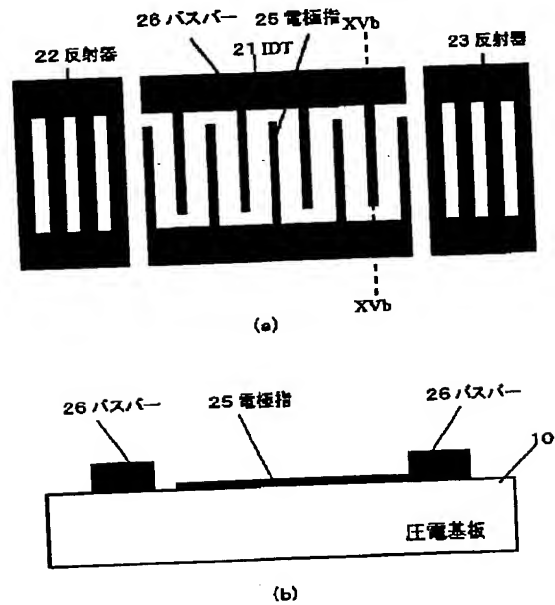
【図12】

パターン幅を10%にしたときのSAW共振子の通過特性



【図15】

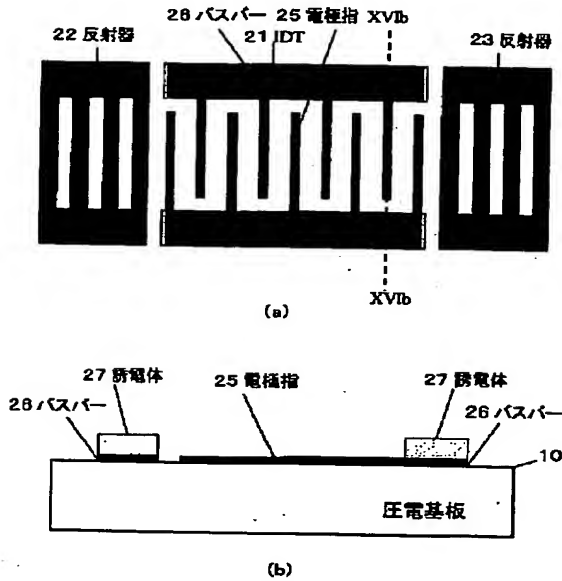
バスバーの金属膜厚を厚くした一構成例



BEST AVAILABLE COPY

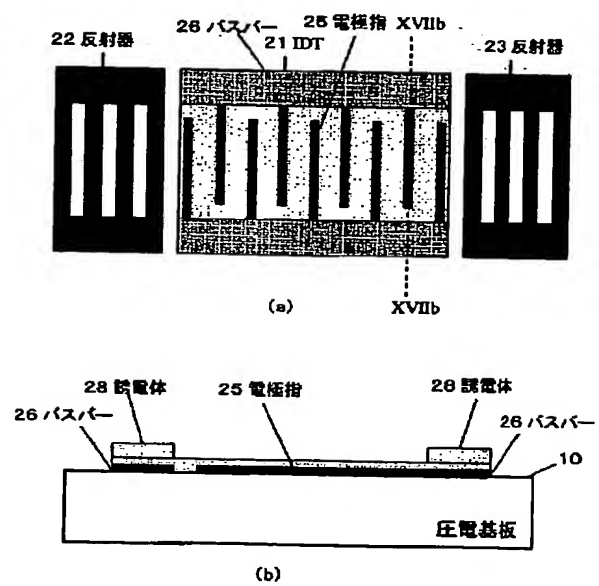
【図16】

バスバー上に誘電体膜を形成した一構成例



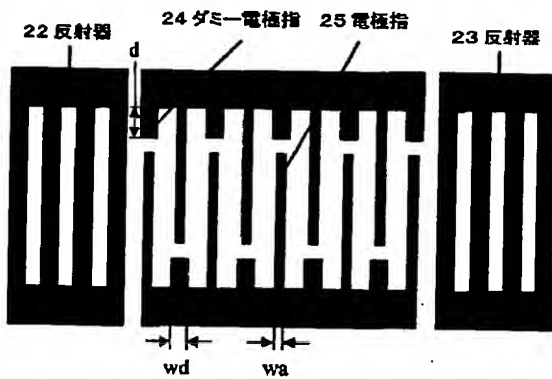
【図17】

バスバー上の誘電体膜を厚く形成した別の構成例



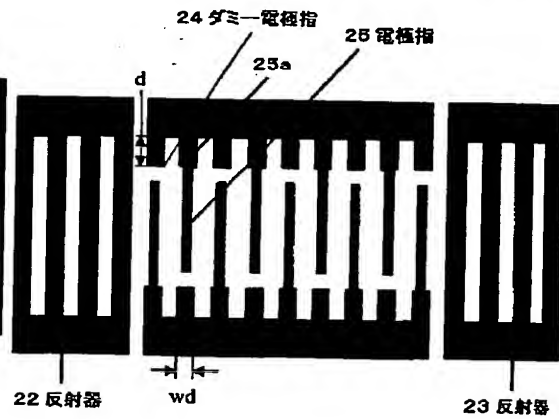
【図18】

本発明の一端子対SAW共振子の別の構成例



【図19】

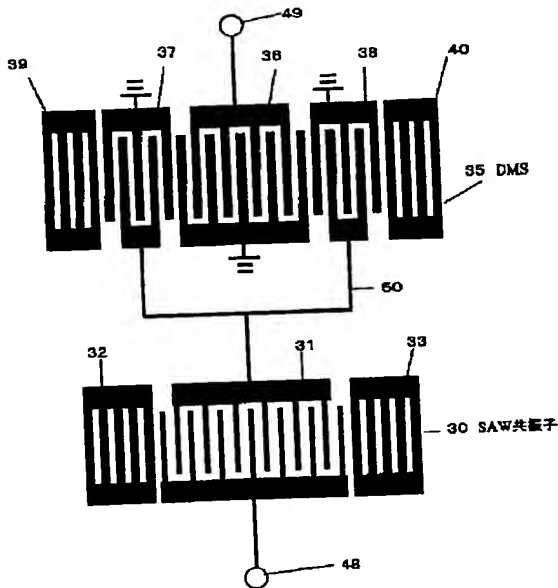
本発明の一端子対SAW共振子の更に別の構成例



BEST AVAILABLE COPY

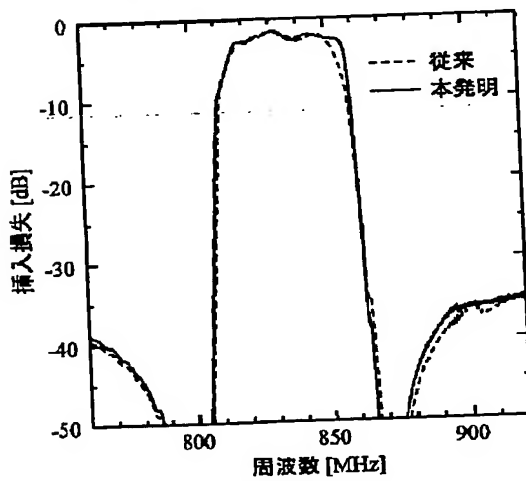
【図20】

DMSに本発明のSAW共振子を直列に接続したフィルタ構造



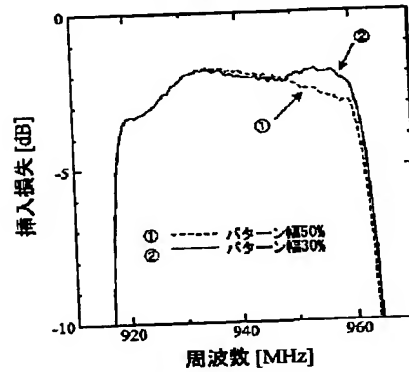
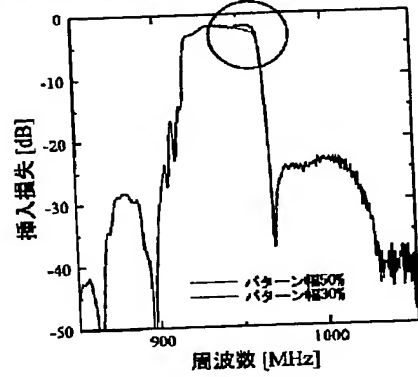
【図23】

本発明の第1実施例のラダー型SAWフィルタの通過特性



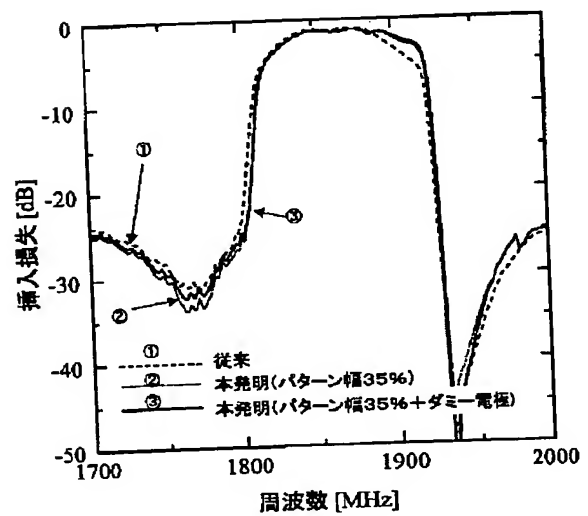
【図21】

DMSに本発明のSAW共振子を直列に接続したフィルタ特性



【図25】

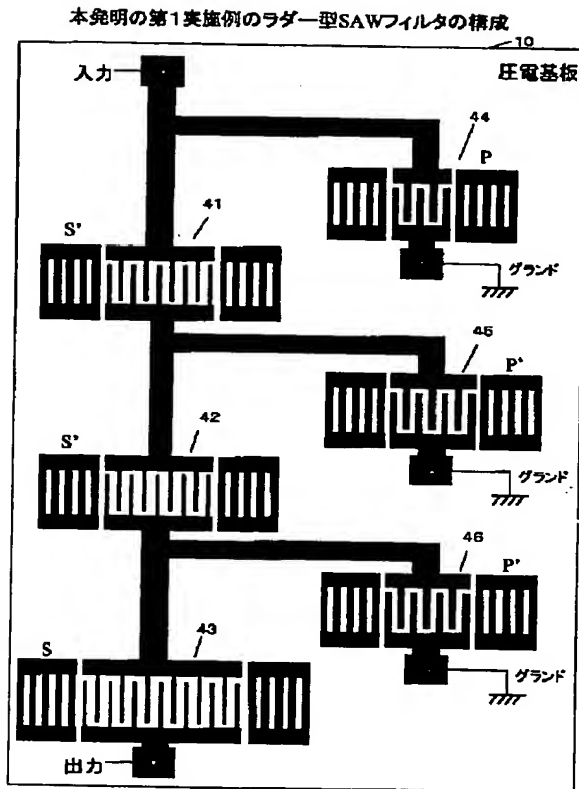
本発明の第2実施例のラダー型SAWフィルタの通過特性



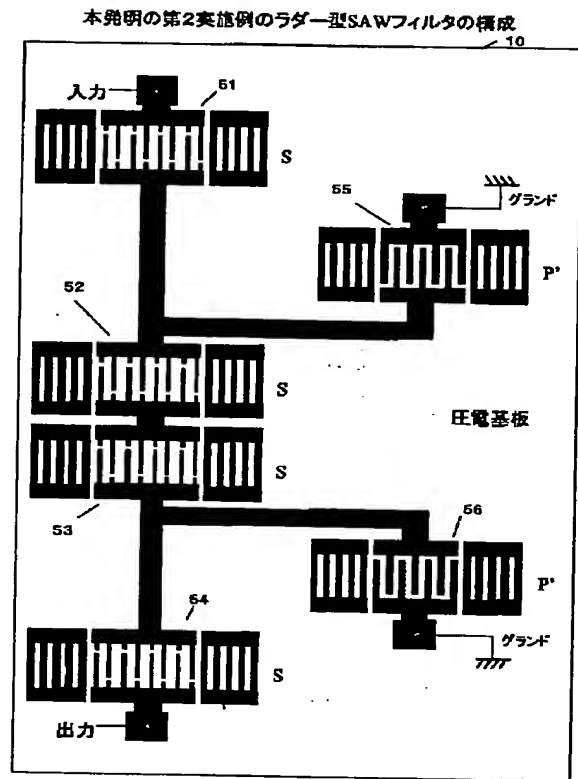
BEST AVAILABLE COPY



【図 2 2】



【図 2 4】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 将吾  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(72)発明者 堤 潤  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 松田 隆志  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(72)発明者 伊形 理  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 5J097 AA18 AA19 BB02 BB11 CC05  
DD04 DD10 DD13 DD16 DD29  
GG03

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**